

19.11.2004

REC'D 16 DEC 2004

WIPO

PCT

23-1235248

THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

October 14, 2004

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: 60/512,855

FILING DATE: October 22, 2003

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

By Authority of the
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS



E. Bornett

E. BORNETT

Certifying Officer

PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET

This is a request for filing a PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT under 37 CFR 1.53(c).

INVENTOR(S)			
Given Name (first and middle [if any])	Family Name or Surname	Residence (City and either State or Foreign Country)	
Munetaka WATANABE		Chiba	JAPAN

☐ Additional inventors are being named on the _____ separately numbered sheet(s) attached hereto

TITLE OF THE INVENTION (500 characters max)
GALLIUM NITRIDE-BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE, LIGHT-EMITTING DIODE AND LAMP USING THE SEMICONDUCTOR

CORRESPONDENCE ADDRESS
Direct all correspondence to the address for SUGHRUE MION, PLLC filed under the Customer Number listed below:
WASHINGTON OFFICE
23373
CUSTOMER NUMBER

ENCLOSED APPLICATION PARTS (check all that apply)

<input checked="" type="checkbox"/> Japanese Language Specification	Number of Pages	6	<input type="checkbox"/> CD(s), Number	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Drawing(s)	Number of Sheets	1	<input type="checkbox"/> Other (specify)	_____
<input type="checkbox"/> Application Data Sheet. See 37 CFR 1.76				

METHOD OF PAYMENT OF FILING FEES FOR THIS PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT

☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27.

☒ A check or money order is enclosed to cover the Provisional filing fees. The USPTO is directed and authorized to charge all required fees, except for the Issue Fee and the Publication Fee, to Deposit Account No. 19-4880. Please also credit any overpayments to said Deposit Account.

☐ The USPTO is hereby authorized to charge the Provisional filing fees to our Deposit Account No. 19-4880. The USPTO is directed and authorized to charge all required fees, except for the Issue Fee and the Publication Fee, to Deposit Account No. 19-4880. Please also credit any overpayments to said Deposit Account.

FILING FEE AMOUNT (\$)

\$160.00

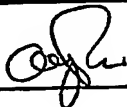
The invention was made by an agency of the United States Government or under a contract with an agency of the United States Government.

☒ No.

☐ Yes, the name of the U.S. Government agency and the Government contract number are:

Respectfully submitted,

SIGNATURE

DATE October 22, 2003TYPED or PRINTED NAME Abraham J. RosnerREGISTRATION NO. Abraham J. RosnerTELEPHONE NO. (202) 293-7060DOCKET NO. P78082**USE ONLY FOR FILING A PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT**

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子、それを用いた発光ダイオード、およびそれを用いたランプ

【技術分野】

【0001】

本発明はフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子、それを用いた発光ダイオード、およびそれを用いたランプに関し、特に高反射率でオーミック抵抗が小さい正極を備えたフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$) であらわされる窒化ガリウム系化合物半導体が紫外光領域から青色あるいは緑色発光ダイオード (LED) の材料として注目されている。このような材料の化合物半導体を使うことによって、これまで困難であった発光強度の高い紫外光、青色、緑色等の発光が可能となった。このような窒化ガリウム系化合物半導体は、一般に絶縁性基板であるサファイア基板上に成長されるため、GaAs系の発光素子のように基板の裏面に電極を設けることができない。このため結晶成長した半導体層側に負極と正極の両方を形成することが必要である。

【0003】

特に、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体素子の場合は、サファイア基板が発光波長に対して透光性を有するため、電極面を下側にしてマウントし、サファイア基板側から光を取り出す構造のフリップチップ型が注目されている。

【0004】

図1はこのような型の発光素子の一般的な構造例を示す概略図である。すなわち、発光素子は、基板1にバッファ層2、n型半導体層3、発光層4およびp型半導体層5が結晶成長されて、発光層4およびp型半導体層5の一部がエッチング除去されてn型半導体層3が露出されており、p型半導体層5上に正極10、n型半導体層上に負極20が形成されている。このような発光素子は、例えばリードフレームに電極形成面を向けて装着されている。このように発光素子は、例えば発光層4で発生した光は基板1側から取り出され、次いでボンディングされる。そして、発光層4で発生した光は基板1側から取り出される。この型の発光素子においては、光を効率よく取り出すために、正極10には反射性の金属を用いてp型半導体層5の大部分を覆うように設け、発光層から正極側に向かった光も正極10で反射させて基板1側から取り出している。

【0005】

従って、正極材料にはオーミック抵抗が低く、かつ高反射率であることが求められる。このような正極としてロジウムを用いた正極が提案されている (例えば特許文献1)。この技術は、p型半導体層と接触するオーミック電極層に白金またはロジウム (Rh) を用い、その上に金 (Au) からなる第2層を設け、さらにその上にチタン (Ti) またはクロムからなる第3層を設けた構造の正極に関する。これによりRhの高抵抗化及び最表層に設ける例えばSiO₂の様な絶縁層の剥離を抑えることを目的としている。しかし、この方法ではまずRhとAuの密着性を確保することが出来ずボンディング時にRhとAuの界面での剥離が起こる可能性がある。また第3層をTiとした場合AuボールまたはAuパンプとの密着性も確保できない可能性があり、ボンダプルテスト或いはシェアリングテストの高合格率は望めない。さらに成膜の最終工程をTiとするとTiのゲッターリング効果により装置の真空性能が低下する恐れがある。

【0006】

また、p型半導体層に接するオーミック電極としてのNi層とボンディングメタルとしてのAu層とをTi層を介して積層することにより、NiとAuの密着性が増し、Ni/Au間の剥離を防止できることは知られている (例えば特許文献2)。しかし、Niは、470nm付近での反射率は30%程度と非常に低く、フリップチップ型発光素子の反射電極としては適さない。またオーミック抵抗を低くするために、Niはアニールを必要としているが、Rhはアニールを必要としない。

【0007】

【特許文献1】特開2000-183400号公報

【特許文献2】特開平11-54843号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

Rhを正極材料として用いようとした場合、ボンディング時に用いられる金線よりなるボールとの密着性の確保が問題となる。通常そのような場合正極の最表層にAuのボンディングパッドを用いることになる。しかし、RhとAuは熱処理をせずに接着性を確保することが難しく、また熱処理をするとAuの拡散によりRhのオーミック抵抗の上昇が懸念される。本発明の課題は、p型半導体層に接触するオーミック電極層として反射率の良好なRhを用い、かつ、Au等からなるボンディングパッド層と密着性が良好でオーミック抵抗の低い正極を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は下記の発明を提供する。

(1) 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体からなるn型半導体層、発光層およびp型半導体層をこの順序で含み、負極および正極がそれぞれn型半導体層およびp型半導体層に設けられているフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、該正極が該p型半導体層に接するロジウムからなるオーミック電極層、該オーミック電極層上の厚さ110Å以上のチタンからなる接着層、および該接着層上の金、アルミニウム、ニッケルおよび銅からなる群から選ばれた金属またはそれらの少なくとも一種を含有する合金からなるボンディングパッド層の3層構造を有することを特徴とするフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0010】

(2) 接着層の厚さが500Å以上3000Å以下であることを特徴とする上記(1)記載のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0011】

(3) 接着層の厚さが1000Å以上であることを特徴とする上記(2)記載のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0012】

(4) オーミック電極層の厚さが100Å以上3000Å以下であることを特徴とする上記(1)～(3)のいずれか一項に記載のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0013】

(5) オーミック電極層の厚さが500Å以上2000Å以下であることを特徴とする上記(4)記載のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0014】

(6) ボンディングパッド層の厚さが1000Å以上であることを特徴とする上記(1)～(5)のいずれか一項に記載のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0015】

(7) ボンディングパッド層の厚さが3000Å以上5000Å以下であることを特徴とする上記(6)記載のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0016】

(8) ボンディングパッド層が金であることを特徴とする上記(1)～(7)のいずれか一項に記載のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【0017】

(9) 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用の正極であって、p型半導体層に接するロジウムからなるオーミック電極層、該オーミック電極層上の厚さ110Å以上のチタンか

らなる接着層、および該接着層上の、金、アルミニウム、ニッケルおよび銅からなる群から選ばれた金属またはそれらの少なくとも一種を含有する合金からなるボンディングパッド層の3層構造を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用の正極。

【0018】

(10) 接着層の厚さが500 Å以上3000 Å以下であることを特徴とする上記(9)記載の窒化ガリウム系化合物半導体素子用の正極。

【0019】

(11) 接着層の厚さが1000 Å以上であることを特徴とする上記(9)または(10)記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子用の正極。

【0020】

(12) 上記1～8のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体フリップチップ型発光素子を用いてなる発光ダイオード。

【0021】

(13) 上記1～8のいずれか一項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体フリップチップ型発光素子を用いてなるランプ。

【発明の効果】

【0022】

Rhオーミック電極層とAu等のボンディングパッド層の間にTi接着層を介在させることを骨子とする本発明によれば、熱処理をせずにボンディング時の電極剥がれを防ぐことが可能とする。従って、本発明によれば、良好なオーミック特性、ボンディング特性および発光出力が得られる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子が得られる。

【0023】

また、Ti接着層の厚さを110 Å以上とすることによって、電極形成プロセス時のリフトオフ性が良好となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

本発明における基板上に積層される窒化ガリウム系化合物半導体としては、図1に示したような、基板1にバッファ層2、n型半導体層3、発光層4およびp型半導体層5が結晶成長されている従来公知のものが何ら制限無く用いることができる。

【0025】

その一例を説明すると、図2に示したような、サファイア基板1上にAlN層からなるバッファ層2を積層し、その上にn型GaN層からなるコンタクト層3a、n型GaN層からなる下部クラッド層3b、InGaN層からなる発光層4、p型AlGaN層からなる上部クラッド層5b、およびp型GaN層からなるコンタクト層5aを順次積層したものを用いることができる。

【0026】

このような窒化ガリウム系化合物半導体のコンタクト層5a、上部クラッド層5b、発光層4、および下部クラッド層3bの一部をエッチングにより除去してコンタクト層3a上に負極20を設ける。負極としては、チタン、アルミニウム、またはクロム等従来公知のものを何ら制限無く用いることができる。

【0027】

コンタクト層5a上に、ロジウム(Rh)からなるオーミック電極層11、チタン(Ti)からなる接着層12、金(Au)等からなるボンディングパッド層13の3層構造の本発明に係わる正極10を設ける。p型GaNからなるコンタクト層上に形成するオーミック電極層をRhとすることにより、発光層からの光を効率よく反射する反射層として機能し、サファイア基板側から効率よく光を取り出すことが出来る。Rhオーミック電極層とAu等のボンディングパッド層との間に、接着層としてTi層を設けることにより、積層後にアロイング熱処理を行わなくてもボンディング時に電極剥がれを引き起こすことがない。

【0028】

Rhからなるオーミック電極層は、反射効率を上げるために、コンタクト層5aをほとんど覆うようにして、なるべく面積を大きくすることが好ましい。Rhの厚さは100～3000Åが好ましい。特に500～3000Åとすると良好な反射特性が得られ好ましい。またRhは高価な材料である為、500～2000Åとすることで良好な反射特性を保ちつつ製造コストが抑えられ、より好ましい。

【0029】

Tiからなる接着層の厚みは110Å以上が好ましく、さらに好ましくは500Å以上3000Å以下であり、特に好ましくは1000～3000Åである。Tiからなる接着層の厚みを110Å以上にすると、電極形成プロセス時のリフトオフ性が良好となりより望ましい。特にリフトオフプロセスにおいてRhやAuの様な比較的柔らかい金属の積層膜の場合、リフトオフによる剥離部分との境界が不均一になることがあり、リーク不良などの不良を引き起こす原因となる。そのような場合Tiの様に硬い金属膜をある程度の量積層することにより均一な境界線を得ることが出来る。但し3000Å以上では成膜時間が長時間となり、プロセス上好ましくない。

【0030】

ボンディングパッド層は、Au、Al、NiおよびCuからなる群から選ばれた金属またはそれらの少なくとも1種を含有する合金から構成することができる。Auまたはそれを含む合金が好ましい。ボンディングパッド層の厚みは1000～10000Åが好ましい。ボンディングパッド層の特性上厚い方が効果が得られるが、製造コストの観点からボンディングパッドとしての効果が得られる3000～5000Åの厚さとすることがさらに好ましい。

【0031】

また、ボンディングパッド層はオーミック電極層と同じ大きさであってもよいし、その一部に設けてもよい。ボンディングパッド層をオーミック電極層の一部に設ける場合は、接着層は通常ボンディングパッド層と同じ大きさにする。オーミック電極層と同じ大きさにした場合、マウント時のサブマウントのバンプ形成位置の設計レイアウトの自由度が増す。また、オーミック電極層の全面を覆うことでさらに密着性が強化されることが期待できる。

【0032】

本発明に用いる窒化ガリウム系化合物半導体の成長方法は、特に限定されず、MOCVD（有機金属化学気相成長法）、HVPE（ハイドライド気相成長法）およびMBE（分子線エピタキシー法）など窒化ガリウム系化合物半導体を成長させることが知られている全ての方法が適用できる。好ましい成長方法としては、膜厚制御性、量産性の観点からMOCVD法である。MOCVD法では、キャリアガスとして水素（ H_2 ）または窒素（ N_2 ）、Ga源としてトリメチルガリウム（TMG）またはトリエチルガリウム（TEG）、Al源としてトリメチルアルミニウム（TMA）またはトリエチルアルミニウム（TEA）、In源としてトリメチルインジウム（TMI）またはトリエチルインジウム（TEI）、窒素源としてアンモニア（ NH_3 ）、ヒドラジン（ N_2H_4 ）などが用いられる。また、ドーパントとしてn型にはSi原料としてモノシラン（ SiH_4 ）またはジシラン（ Si_2H_6 ）、Ge原料としてゲルマン（ GeH_4 ）を用い、p型にはMg原料としては例えばビスシクロペンタジエニルマグネシウム（ Cp_2Mg ）を用いる。これらの原料を用い、従来公知の適当な条件で成長させればよい。

【0033】

正極を構成する各金属の積層方法も特に限定されず、通常の抵抗加熱蒸着法その他、電子線加熱蒸着法およびスパッタリング法等従来公知の方法が何ら制限なく使用することができる。全ての層を同一の方法で積層させてもよいし、最初の層を積層させた時点でいったん装置から取り出し、別の方法によって次の層を積層させてもよい。

【実施例1】

【0034】

以下に、実施例により本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこの実施例のみに限定されるものではない。

【0035】

本実施例で製造した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面図を図2に示す。

用いた窒化ガリウム系化合物半導体は、サファイア基板1上にAlN層からなるバッファ層2を積層し、その上にn型GaN層からなるコンタクト層3a、n型GaN層からなる下部クラッド層3b、InGaN層からなる発光層4、p型AlGaN層からなる上部クラッド層5b、およびp型GaN層からなるコンタクト層5aを順次積層したものである。コンタクト層3aはSiを $7 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたn型GaN層であり、下部クラッド層3bはSiを $7 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたn型GaN層であり、発光層4の構造は単一量子井戸構造で、InGaNの組成は $\text{In}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{N}$ である。上部クラッド層5bはMgを $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたp型のAlGaNでその組成は $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ である。コンタクト層5aはMgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたp型のGaN層である。これらの層の積層は、MOCVD法により、当該技術分野においてよく知られた通常の条件で行なった。

【0036】

この窒化ガリウム系化合物半導体のコンタクト層5aに正極を、コンタクト層3aに負極をそれぞれ以下の手順で設けて発光素子を作製した。

【0037】

(1) まず、始めにエッチングマスクをコンタクト層5a上に形成した。形成手順は以下の通りとした。レジストを一様に塗布して公知のリソグラフィー技術によりエッチングしたい領域を残して除去した。次に当該窒化ガリウム系化合物半導体を真空蒸着装置内にセットして圧力 $4 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ からNi及びTiをエレクトロンビーム法により膜厚が約500Å、3000Åとなるように積層した。蒸着装置内より取り出した後リフトオフ技術を用いてマスク領域以外の金属蒸着物をレジストと共に除去した。

【0038】

このエッチングマスクは、コンタクト層5aを反応性イオンドライエッチングのプラズマダメージから保護するための層でもある。

【0039】

(2) 次に反応性イオンドライエッチングにて、n型GaN層のコンタクト層3aが露出するまでエッチングを施した後、ドライエッチング装置より取り出し、該形成された金属膜を硝酸及びフッ酸により除去した。このドライエッチングは後段で作製する発光半導体素子の負極を形成するための処理である。

【0040】

(3) その後、前出ドライエッチングによりマスクされていた領域の一部に、フォトリソグラフィーによりオーミック電極層形成領域の窓を開け上述した蒸着法によりRhをエレクトロンビームを用いて膜厚が2000Åとなるように積層した。その後リフトオフ技術により正極以外の領域をレジストと共に除去した。

【0041】

これらの工程で形成されたRhオーミック電極層は、波長460nmの光による基板側を入光面とした場合の反射率が凡65%以上であった。また円形TLM法による接触比抵抗の測定において、 $2 \sim 3 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}^2$ を示した。

【0042】

(4) 次に、オーミック電極層部分に接着層およびボンディングパッド層を形成するために、公知フォトリソグラフィー技術をもちいて正極領域の一部に窓を開け、上述した蒸着法により、Ti層およびAu層をそれぞれエレクトロンビーム蒸着及び抵抗加熱にて形成した。その際の膜厚はTi接着層が1000ÅおよびAuボンディングパッド層が2000Åとした。その後リフトオフ技術によりボンディングパッド層以外の領域をレジストと共に除去した。

このリフトオフ工程において、リフトオフ不良を起因とした電極剥がれや剥離不足、形

状不良等による歩留まりの低下を起こすことなく安定したプロセスを維持することができた。

【0043】

(5) 次に、前述の反応性イオンドライエッチングによりn型Ga_{0.5}Nコントラクト層3aまで露出した領域上に、公知フォトリソグラフィ技術を用いて負極領域の一部に窓を開け、上述した蒸着法により、TiおよびAuをそれぞれエレクトロンビーム蒸着及び抵抗、加熱にて形成した。その際の膜厚はそれぞれ1000Åおよび3000Åとした。その後リフトオフ技術により負極以外の領域をレジストと共に除去し、負極を形成した。この電極は最表層にAuを用いることでボンディングパッドとして機能する。

【0044】

上記方法で作製した発光半導体素子を切断し、サブマウント上にフリップチップマウントし、さらにTO-18ステム上にマウント、結線して発光素子とした。

作製された発光素子は電流20mAにおける発光出力が6mW、順方向電流3.4Vを示した。

【0045】

また、上記方法で作製した発光素子について電極の密着性を評価するために、Auボンディングパッド上に太さ25μmのAuワイヤーにより、ワイヤーボンディング時のボーサイズが直径100~110μmとなる様に調整してボンディングした後、引っ張り加重55gのボンダブルテストを実施した結果、10%以下の不良率であった。

【0046】

また本実施例ではボンディングパッド層13をAuで形成したが、この他にAl、NiまたはCuで形成してもよい。但しこの場合、実装上の問題から、負極ボンディングパッドの最表層も正極ボンディングパッド層と同じ金属で形成することが好ましい。

【産業上の利用可能性】

【0047】

本発明によって提供されるフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、発光ダイオードおよびランプ等の材料として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】従来のフリップチップ型化合物半導体発光素子の一般的な構造を示す概略図である。

【図2】本発明のフリップチップ型窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の一例を示す概略図である。

【符号の説明】

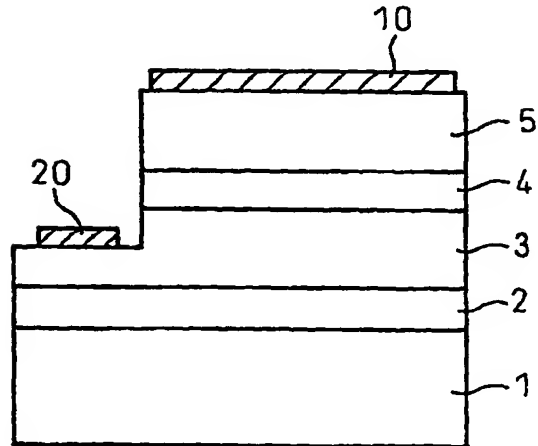
【0049】

- 1…基板
- 2…バッファ層
- 3…n型半導体層
- 4…発光層
- 5…p型半導体層
- 10…正極
- 11…オーミック電極層
- 12…接着層
- 13…ボンディングパッド層
- 20…負極

【書類名】
【図 1】

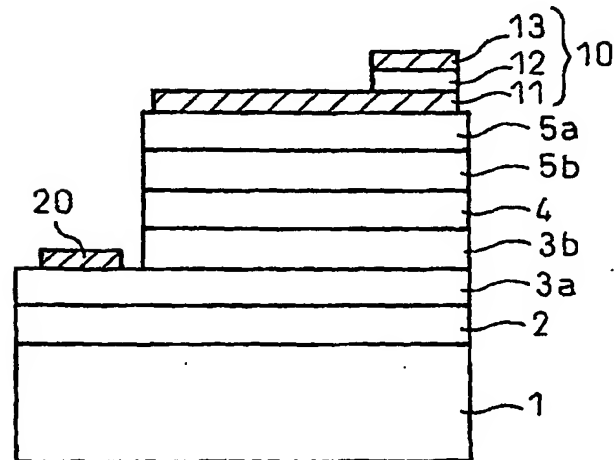
図面

図 1



【図 2】

図 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.